

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a zařízení

Bakalářská práce

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a zařízení

Zařízení pro vyvození hypotermie v obličejové oblasti hlavy

Arrangement for in the Facies Area Induced Hypothermia

Student:

Patrik Pauler

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student:

Patrik Pauler

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2302R010 Konstrukce strojů a zařízení

Specializace:

21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení

Téma:

Zařízení pro vyvození hypotermie v obličejové oblasti hlavy
Arrangement for in the Facial Area Induced Hypothermia

Zásady pro vypracování:

Navrhněte zařízení pro potřebu uplatnění léčebné hypotermie v obličejové oblasti. Při zpracování návrhu zařízení vycházejte z českého patentového spisu 303 114.

Proveďte :

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a nezbytnými výpočty ve členění – upřesnění zadání, seznam požadavků, funkční struktura, morfologická matice, orgánová a hrubá stavební struktura.
2. 3D model konstrukčního návrhu zařízení.
3. Výrobní výkresovou dokumentaci zařízení.

Rozsah výtahu z rešerše z Bakalářského projektu v textové části práce cca 5 str., rozsah výkresové části min. 1 A0

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

HUBKA, V. *Konstrukční nauka*. Zürich: Heurista, 1995. 105s. ISBN 80-90 1135-0-8

Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. FS_SME_05_003 verze: G

LITERÁRNÍ REŠERŠE – zpracovaná v rámci Bakalářského projektu

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry

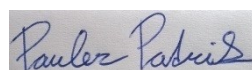


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 18. 5. 2015

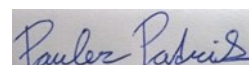


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 18. 5. 2015



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Patrik Pauler

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Jelenice 7, Vítkov

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

PAULER, P. *Zařízení pro vyvození hypotermie v obličejové oblasti hlavy: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a zařízení, 2015, 77 s. Vedoucí práce: Noga, Z.

Bakalářská práce se zabývá návrhem chladicího zařízení, k uplatnění léčebné hypotermie v obličejové oblasti. V rešeršní části je krátké uvedení do problematiky obličejových otoků a jejich dosavadní způsoby chlazení a rehabilitování. Za rešeršní částí je aplikováno metodické řešení problému, které je členěno na specifikaci požadavků, kritéria pro výběr konceptu, funkční struktura, morfologická matice, orgánová a hrubá stavební struktura. Výpočtová část nezbytná pro správné navržení chladicího zařízení. Čistá stavební struktura obsahující 3D model konstrukčního návrhu zařízení. Výkresová dokumentace a potřebná technická data jsou obsažena v příloze bakalářské práce.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

PAULER, P. *Arrangement for in the Facies Area Induced Hypothermia: Bachelor Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2015, 77 p. Thesis head: Noga, Z.

Bachelor's thesis is dealing with design of the cooling device, the application of therapeutic hypothermia in the facial area. The initial search is a brief introduction to the facial swelling and existing methods of cooling and rehabilitated. After an initial search for the part is applied methodical problem solving, which is divided into requirements specification, selection criteria of concept, functional structure, morphological matrix, organ and gross building structure. Calculation of the necessary for the proper design the cooling device. Clean building structure that contains a 3D model of the design device. The drawing documentation and the necessary technical data are contained in the annex of this thesis.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	10
1. Úvod.....	12
2. Uvedení do problematiky obličejových otoků	13
2.1 Všeobecný popis vzniku možných otoků	13
2.2 Otoky vzniklé zlomeninami obličejového skeletu.....	13
2.3 Otoky vzniklé extrakcí retinovaných zubů	13
2.4 Otoky vzniklé v důsledku plastické chirurgie	14
3. Dosavadní způsoby chlazení - rehabilitování obličejových otoků	14
3.1 Ledování	14
3.2 Chlazení cirkulací vody	14
4. Charakteristika obličejových otoků	16
4.1 Některé metody použití pro stanovení velikosti otoku	16
5. Tepelná pohoda a rovnováha člověka.....	17
5.1 Tepelná rovnováha člověka	17
5.2 Rovnice tepelné rovnováhy člověka	18
5.3 Tepelná produkce člověka	18
6. Dosažený závěr z rešerše	19
7. Návrh zařízení.....	20
7.1 Specifikace požadavků na zařízení	Chyba! Záložka není definována.
7.2 Kritéria pro výběr konceptu	Chyba! Záložka není definována.
7.3 Stanovení funkční struktury.....	Chyba! Záložka není definována.
7.4 Popis použití chladicího zařízení	Chyba! Záložka není definována.
8. Funkce technického procesu	23
8.1 Schéma technického procesu	Chyba! Záložka není definována.
8.2 Funkční struktura	Chyba! Záložka není definována.
9. Morfologická matice.....	25
10. Orgánová struktura	28
11. Hrubá stavební struktura.....	29

11.1 Popis vybrané alternativy C	Chyba! Záložka není definována.
12. Výpočtová část.....	30
12.1 Výpočet akumulovaného tepla chladicího zařízení pro plošné použití	Chyba! Záložka není definována.
12.2 Volba Peltierového modulu	Chyba! Záložka není definována.
12.3 Výpočet akumulovaného tepla chladicího zařízení pro bodové použití.....	Chyba! Záložka není definována.
12.4 Doba náběhu chladicího zařízení pro bodové použití.....	Chyba! Záložka není definována.
13. Výpočet tepelné bilance chladicího zařízení	34
13.1 Zabezpečení funkčnosti Peltierova modulu.....	Chyba! Záložka není definována.
13.2 Kontrola zvoleného chladiče	Chyba! Záložka není definována.
14. Výpočet hydraulických tlakových ztrát v chladicím okruhu	39
14.1 Výpočet ztrát třením	Chyba! Záložka není definována.
14.2 Výpočet místních ztrát	Chyba! Záložka není definována.
14.3 Celková tlaková ztráta v chladicím okruhu	Chyba! Záložka není definována.
15. Volba čerpadla	Chyba! Záložka není definována.
15. 1 Potřebná výtlačná výška čerpadla.....	Chyba! Záložka není definována.
16. Čistá stavební struktura.....	Chyba! Záložka není definována.
16.1 Chladicí zařízení pro bodové použití.....	Chyba! Záložka není definována.
16.2 Chladicí zařízení pro plošné použití	Chyba! Záložka není definována.
Závěr	45
Poděkování.....	46
Seznam použité literatury	47
Seznam obrázků	49
Seznam tabulek	50
Seznam příloh	51

Seznam použitých značek a symbolů

$C \dots$	výměna citelného tepla prouděním	$[W.m^{-2}]$
$C_{res} \dots$	výměna citelného tepla dýcháním	$[W.m^{-2}]$
$D \dots$	světlost fitinky	$[m]$
$D_h \dots$	hydraulický průměr	$[m]$
$E \dots$	výměna vázaného tepla odpařování	$[W.m^{-2}]$
$E_{res} \dots$	výměna vázaného tepla dýcháním	$[W.m^{-2}]$
$I \dots$	elektrický proud	$[A]$
$K \dots$	výměna citelného tepla vedením	$[W.m^{-2}]$
$M \dots$	energetický výdej	$[W.m^{-2}]$
$Nu \dots$	Nusseltovo číslo	$[-]$
$P_{H_2O} \dots$	max. množství odváděného tepla chladičem	$[W]$
$P_{chl} \dots$	max. množství odváděného tepla Peltierovým modulem	$[W]$
$P_{př} \dots$	výkon Peltierova modulu	$[W]$
$Pr \dots$	Prandtlovo číslo	$[-]$
$Q_{aku} \dots$	akumulované teplo	$[J]$
$Q_{Al} \dots$	množství tepla hliníkového vodivého opěrného prvku	$[J]$
$Q_{Cu} \dots$	množství tepla měděného vodivého opěrného prvku	$[J]$
$Q_{Tv} \dots$	množství tepla tvarové vložky	$[J]$
$R \dots$	výměna citelného tepla sáláním	$[W.m^{-2}]$
$Re \dots$	Reynoldsovo číslo	$[-]$
$S \dots$	akumulace tepla v těle	$[W.m^{-2}]$
$S_{chl} \dots$	funkční plocha chladiče	$[m^2]$
$S_k \dots$	plocha kanálu	$[m^2]$
$U \dots$	napětí	$[V]$
$V_{Cu} \dots$	objem měděného vodivého opěrného prvku	$[m^3]$
$V_{Tv} \dots$	objem tvarové vložky	$[m^3]$
$W \dots$	účinnost práce	$[W.m^{-2}]$
$a_{H_2O} \dots$	tepelná vodivost vody	$[m^2.s^{-1}]$
$c_{Al} \dots$	měrná tepelná kapacita hliníku	$[J.kg^{-1}.K^{-1}]$
$c_{Cu} \dots$	měrná tepelná kapacita mědi	$[J.kg^{-1}.K^{-1}]$
$c_{H_2O} \dots$	měrná tepelná kapacita vody	$[J.kg^{-1}.K^{-1}]$
$c_{Tv} \dots$	měrná tepelná kapacita tvarové vložky	$[J.kg^{-1}.K^{-1}]$

$d \dots$	světlost hadice	[m]
$g \dots$	gravitační zrychlení	[m.s ⁻²]
$h \dots$	výtlačná výška čerpadla	[m]
$l \dots$	délka hadice	[m]
$m_{Al} \dots$	hmotnost hliníkového vodivého opěrného prvku	[kg]
$m_{Cl} \dots$	hmotnost měděného vodivého opěrného prvku	[kg]
$m_{Tv} \dots$	hmotnost tvarové vložky	[kg]
$\dot{m}_{H_2O} \dots$	hmotnostní tok vody	[kg.s ⁻¹]
$o_k \dots$	obvod kanálu	[m]
$\Delta p \dots$	celková tlaková ztráta	[Pa]
$\Delta p_o \dots$	místní hydraulická ztráta	[Pa]
$\Delta p_T \dots$	ztráta třením	[Pa]
$t_{1Al} \dots$	počáteční teplota hliníkového vodivého opěrného prvku	[°C]
$t_{2Al} \dots$	pracovní teplota hliníkového vodivého opěrného prvku	[°C]
$t_{1Cu} \dots$	počáteční teplota měděného vodivého opěrného prvku	[°C]
$t_{2Cu} \dots$	pracovní teplota měděného vodivého opěrného prvku	[°C]
$t_{1Tv} \dots$	počáteční teplota tvarové vložky	[°C]
$t_{2Tv} \dots$	pracovní teplota tvarové vložky	[°C]
$t_{sH_2O} \dots$	střední teplota vody v chladiči	[°C]
$t_{schl} \dots$	teplota stěn chladiče	[°C]
$v \dots$	rychlost proudění vody	[m.s ⁻¹]
$v_s \dots$	střední rychlost proudění vody	[m.s ⁻¹]
$\alpha \dots$	součinitel přestupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
$\xi \dots$	součinitel místních ztrát	[-]
$\lambda \dots$	součinitel třecích ztrát	[-]
$\lambda_{H_2O} \dots$	součinitel tepelné vodivosti	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
$\nu_{H_2O} \dots$	kinematická viskozita vody	[m ² .s ⁻¹]
$\rho_{Cu} \dots$	objemová hmotnost mědi	[kg.m ⁻³]
$\rho_{H_2O} \dots$	objemová hmotnost vody	[kg.m ⁻³]
$\rho_{Tv} \dots$	objemová tvarové vložky	[kg.m ⁻³]
$\tau \dots$	čas	[s]

1. Úvod

Cílem bakalářské práce je využití staré léčebné metody, nezávislé na chemických produktech a navrhnout konstrukci chladicího zařízení pro aplikaci chladu a vyvození mírné hypotermie v oblasti dolní i horní čelisti.

Využití toho základního, co může vést k omezení komplikací při úrazech a zdravotních problémech. Přitom nebude finančně náročné v závislosti na chemických produktech a metoda odpovídala co nejšetrnějšímu použití bez vedlejších účinků na lidské zdraví. Léčba chladem byla využívána již v dřívějších dobách například při řezných a sečných ranách. Ochlazování vodou nebo ledem mělo příznivý účinek, jelikož zmírňovala bolest a nezpůsobovala zánět rán.

Jsem si vědom, že tato metoda slouží pouze jako doplňková léčba. Může však významně ovlivnit vývoj nových metod léčení. K ochlazování lidské tkáně využívám moderního prvku Peltierova modulu, s jehož příkonem se dá řídit teplota. Jako nástin slouží patentový spis (1).

2. Uvedení do problematiky obličejových otoků

2.1 Všeobecný popis vzniku možných otoků

Otok obličeje může být způsoben zánětem, alergií, chirurgickým zákrokem nebo infekcí v obličejové tkáni.

Infekční příčiny jako jsou bakteriální nebo virová konjunktivitida (patrný otok kolem očí), celulitida (kožní infekce), příušnice a jiné.

Alergické příčiny v důsledku mírné až závažné alergické reakce. Bodnutí hmyzem, senná rýma nebo alergická reakce od zvířecí srsti, prach, kosmetika nebo pyly. Alergie na léky, jako například na penicilin nebo kodein.

Traumatické příčiny zranění, popálení, operace na obličeji, ústní chirurgie.

2.2 Otoky vzniklé zlomeninami obličejového skeletu

Všeobecně se zlomeniny obličejového skeletu rozdělují na zlomeniny dolní, střední a horní obličejové etáže (čelisti).

Zlomeniny dolní čelisti patří k nejčastějším zlomeninám obličejového skeletu. Jedním z hlavních důvodů, které se na zlomeninách dolní čelisti podílejí, jsou dopravní úrazy, brachiální násilí, sportovní úrazy, pády.

V dolní etáži se rozlišují zlomeniny alveolárního výběžku, zlomeniny bradového úseku (oblast mezi špičáky), zlomeniny těla (premolárová a molárová oblast), zlomeniny čelistního úhlu, zlomeniny větve dolní čelisti, zlomeniny kloubního a muskulárního výběžku.

Nejčastějšími místy zlomenin jsou oblast špičáků, čelistní úhel a oblast kloubního výběžku.

U zlomenin dolní čelisti je nutné vzít v úvahu skutečnost, že všechny zlomeniny v ozubené části jsou zlomeniny otevřené, s čímž souvisí snadný průnik infekce z dutiny ústní do místa lomu. Klinickými příznaky jsou otok a bolestivost v místě zlomeniny, omezené otevírání úst, poruchy skusu. (2)

2.3 Otoky vzniklé extrakcí retinovaných zubů

Definice retinovaného zubu – zub, který nemohl nebo se neprořezal do své normální funkční pozice, proto je v patologické pozici a vyžaduje léčbu. (3)

Po extrakci dochází k různě velikému otoku tváře a také hematomu (modřiny) ve tváři. Proto je velmi výhodné operovanou oblast co nejdříve intenzivně chladit. Při intenzivním chlazení se obvykle menší otok vyvine až druhý den po operaci, není bolestivý a zmizí v průběhu dalších 2 dnů. Čím menší otok vznikne, tím rychleji probíhá hojení rány.

2.4 Otoky vzniklé v důsledku plastické chirurgie

Ke vzniku obličejových otoků dochází vlivem různých plastických zákroků. Jedním z těchto zákroků je Lipofilling (aplikace vlastního tuku). Tato metoda spočívá v odebrání tukové tkáně z místa, kde je tuku dostatek. Tuk je následně zpracován a injekčně aplikován do požadovaného místa. Plastický chirurg touto metodou dokáže vyhladit vrásky, zvětšit rty, vyretušovat kruhy pod očima nebo vyplnit objem propadlých tváří. Nevýhodou tohoto zákroku je pooperační natékání obličeje. Proto opět je na místě chlazení, které by mělo snížit otok a urychlit hojení. Další metodou je facelift u nějž jsou obdobné pooperační problémy.

3. Dosavadní způsoby chlazení - rehabilitování obličejových otoků

3.1 Ledování

Nejjednodušším a nejúčinnějším způsobem k omezení otoků je ledování. Aplikace tzv. suchého chladu. Chladicí gelové podušky, led v sáčku.



Obr. č. 1 Chladicí gelová poduška

3.2 Chlazení cirkulací vody

Jedná se o způsob chlazení, jež spočívá v cirkulaci chlazené vody, která protéká různými druhy chladících panelů. Tyto chladicí panely jsou vyráběné pro dané místo chlazení. Zařízení k tomuto používané se nazývá Hilotherm.

Charakteristika zařízení:



Obr. č. 2 HILO THERM Clinic (4)

- Zvláště vhodný pro použití v nemocnicích a na klinikách před i po operaci, nebo s fyzioterapeuty na pomoc zotavení po zranění
- Dva chladicí panely mohou být připojeny současně, což znamená, buď dvě oblasti chlazení, nebo dva pacienti léčeni současně
- Nepřetržitý provoz při konstantní teplotě
- Používá destilovanou vodu (2l měněny každých 6 měsíců)
- Teplotní rozsah + 10 °C až + 35 °C (nastavitelné v krocích 1 °C)
- Rozměry 430 x 275 x 268 mm Hmotnost prázdná: 10 kg plná: 12 kg
- Kupní cena £ 3,541.67 + DPH, nájem 561,99 liber + DPH za čtvrtletí (4)



Obr. č. 3 HILO THERM Domácí péče (4)

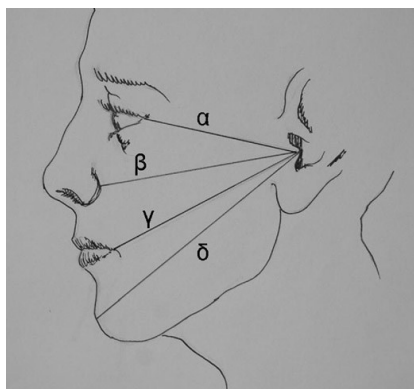
- Zvláště vhodné pro mobilní použití např. doma, v kanceláři nebo ve sportovním klubu
- Ideální pro použití v domácím prostředí po operaci nebo po úrazu a pro pravidelné používání při úlevě od bolesti a zlepšení chronických onemocnění, jako je artritida
- Jeden chladicí panel může být připojen k léčbě jednoho pacienta. Provoz při konstantní teplotě po dobu až 4 hodin (v závislosti na velikosti použitého chladicího panelu, teplota prostředí atd.)
- Senzor udržuje nastavenou teplotu na konstantní úrovni
- Teplotní rozsah + 10 °C až + 22 °C (nastavitelné v krocích 1 °C)
- Rozměry 280 x 185 x 260 mm Hmotnost prázdná: 3,6kg plná: (max) 7,7 kg
- Kupní cena £ 1,541.66 + DPH, nájem 50 liber za týden + náklady včetně DPH (4)

4. Charakteristika obličejových otoků

4.1 Některé metody použití pro stanovení velikosti otoku

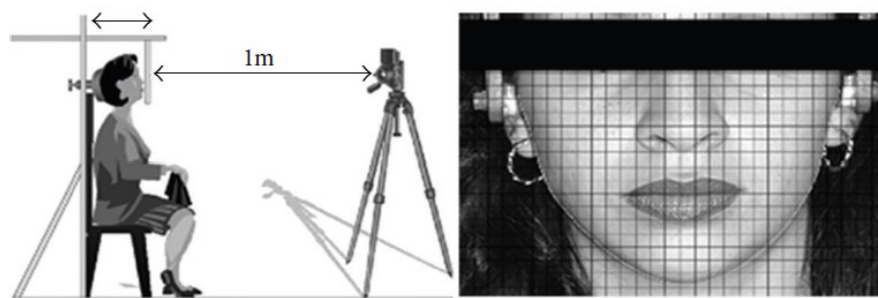
Otok je trojrozměrná objemová změna, která se obtížně vyhodnocuje. Jednou z metod, která se používá, spočívá v provedení tří měření během hodnoceného období (7 dní). Tyto měření jsou rozděleny v následujících časech. Jedno bezprostředně po operaci, další po 24 hodinách, a poslední po sedmi dnech, poté, co byly odebrány chirurgické stehy.

Velikosti vzniklého otoku je možno měřit více způsoby, které jsou více či méně přesné. Mezi jednoduchou a méně přesnou metodu patří tzv. provázkové měření, které se provádí od referenčního bodu. Vzdálenost v centimetrech od dna okraje ušního lalůčku, jež je referenčním bodem na střed brady k ústům, nosu a očnímu vnějšímu úhlu. (5)



Obr. č. 4 Provázkové měření (5)

Digitální metoda zpracování obrazu pomocí softwaru MATLAB. Tato metoda vyžaduje umístění tváře osoby v digitálním obraze, který je získán v pevné vzdálenosti mezi kamerou a osobou. Jakmile je obraz osoby poskytnut, vzdálenost v obraze se měří pomocí dvou bodů zvoleným uživatelem. Pixely vybrané vzdálenosti jsou převedeny na centimetry pomocí softwaru MATLAB. (5)



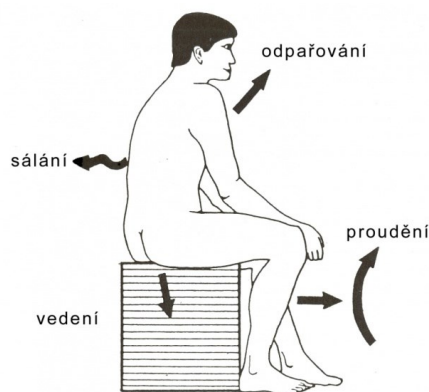
Obr. č. 5 Digitální metoda měření (5)

Získané výsledky měření jsou závislé pouze na konkrétní osobě pacienta. Rozměry otoků a velikosti tváře pacienta je velmi různorodá. Z toho vyplývá, že navrhované chladicí zařízení musí mít univerzální použití, ať jej lze využívat u každého pacienta.

5. Tepelná pohoda a rovnováha člověka

5.1 Tepelná rovnováha člověka

Stejně jako u jiných savců i člověk na základě svých biologických pochodů neustále produkuje teplo, které odevzdává do svého okolí. Stav, kdy prostředí odebírá tělu tolik tepla, kolik právě produkuje, označujeme jako tepelná rovnováha. Teplo, které člověk vydává do okolí, závisí na teplotním spádu, tj. na rozdílu teplot mezi povrchem těla a teplotou okolí. K dispozici jsou čtyři cesty k tepelným ztrátám a to konvekcí, vedením, zářením a odpařováním. V případě, že prostředí je příliš chladné a odebírá tělu více tepla, než produkuje, nastává podchlazení. Organismus se tomu brání fyzikální termoregulací, tzn., omezí průtok krve do periferních částí těla (končetiny, nos, uši), které tak pomocí snížení své povrchové teploty sníží výdej tepla do okolí. Pokud to nestačí, může se aktivovat chemická termoregulace, tj. přímá výroba tepla. Takovým procesem je i svalový třes. Svalová práce má však malou účinnost, tzn., že svalový výkon se z velké části mění na teplo. Povrchová teplota kůže je výsledkem neustálé interakce mezi člověkem a okolím, kterému se tak snaží přizpůsobit. Je-li teplota kůže vyšší než okolí tělo může ztratit své teplo zářením a vedením. Ale, v případě, že teplota okolí je vyšší než teplota kůže, tělo získává teplo zářením a vedením. V takových podmínkách jak se tělo může zbavit přebytečného tepla je odpařování. Když je okolní teplota vyšší než teplota kůže, cokoliv, co zabráňuje odpařování, způsobuje zvyšování tělesné teploty. Při sportovních aktivitách se odpařování stává hlavní tepelnou ztrátou. Vlhkost ovlivňuje termoregulaci podle omezení odpařování potu a tím i tepelné ztráty. (6)



Obr. č. 6 Tepelné ztráty

5. 2 Rovnice tepelné rovnováhy člověka

Rovnice tepelné rovnováhy vyjadřuje tepelné toky ve wattech a má tvar:

$$M - W = C_{\text{res}} + E_{\text{res}} + K + C + R + E + S$$

produkce = výdej + akumulace

Pokud je rovnice splněna, člověk je ve stavu tepelné rovnováhy. Na levé straně rovnice M vyjadřuje energetický výdej [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$], W účinnost práce [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]. Jelikož má svalový výkon velmi malou účinnost, lze tuto složku zpravidla zanedbat.

Na pravé straně je tepelný výkon, který člověk předává do okolí. Kde K označuje výměnu tepla na kůži kondukcí [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$], C představuje tepelný tok konvekcí [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$], R označuje výdej tepla sáláním (radiací) [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$], E značí výdej tepla difuzí vodní páry pokožkou a odpařováním potu [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$], E_{res} vyjadřuje výdej tepla odpařováním vody v plicích [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$], C_{res} představuje teplo odevzdané ohříváním vdechovaného vzduchu [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$], S akumulaci tepla v těle [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]. (7)

Energetický výdej se skládá z metabolického tepla, které vzniká při základních biologických pochodech a má pro dospělého člověka hodnotu 58 W/m^2 . Dospělý člověk má plochu přibližně $1,8 \text{ m}^2$. Fyzická aktivita je provázána zvýšením energetického výdeje. (6)

5.3 Tepelná produkce člověka

Bazální metabolismus – teplo je produktem biologických procesů (chemická energie potravy).

Svalový metabolismus – teplo vedlejším produktem fyzické činnosti člověka.

Produkce energie = energetický výdej.

Energetický výdej se vyjadřuje jako:

- Tepelný výkon průměrného (standardního) člověka [W]
- Tepelný výkon na jednotku plochy (hustota tepelného toku ϕ [W/m^2])
- Tepelný výkon v jednotkách met (1 met odpovídá tepelné produkci sedícího člověka)

Tab. 1 Energetický výdej – klasifikace dle činnosti (7)

ČINNOST	METABOLISMUS		
	W	W/m ²	met
Bazální metabolismus (hluboký spánek)	70	40	0,7
Ležení, odpočívání	80	46	0,8
Sezení, odpočívání	100	58	1,0
Stání, práce vsedě	120	70	1,2
Velmi lehká práce (učitel, nakupování, vaření)	160	93	1,6
Lehká práce (domácí práce, práce s přístroji)	200	116	2,0
Středně těžká práce (slévači, přednášející, tanec)	300	175	3,0
Těžká práce (tesaři, nakládači s lopatou, tenis)	600	350	6,0
Velmi těžká práce (dřevorubci, ruční sekáči)	700	410	7,0

6. Dosažený závěr z rešerše

Zařízení, které se navrhuje, doplňuje klasické a dosud používané způsoby chlazení a to je ledem a vodou. Přičemž zařízení s cirkulací chlazené vody jsou těžká a nelze s nimi dosáhnout mírné hypotermie. Led má časovou závislost.

S navrhovaným zařízením je předpoklad, že průběh léčení bude účinnější a rychlejší. Na rozdíl od klasických způsobů je možno poměrně rychle řídit teplotu chlazení, z čehož vyplývá zkrácena doba léčení a ekonomický přínos.

7. Návrh zařízení

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

8. Funkce technického procesu

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

9. Morfologická matice

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

10. Orgánová struktura

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

11. Hrubá stavební struktura

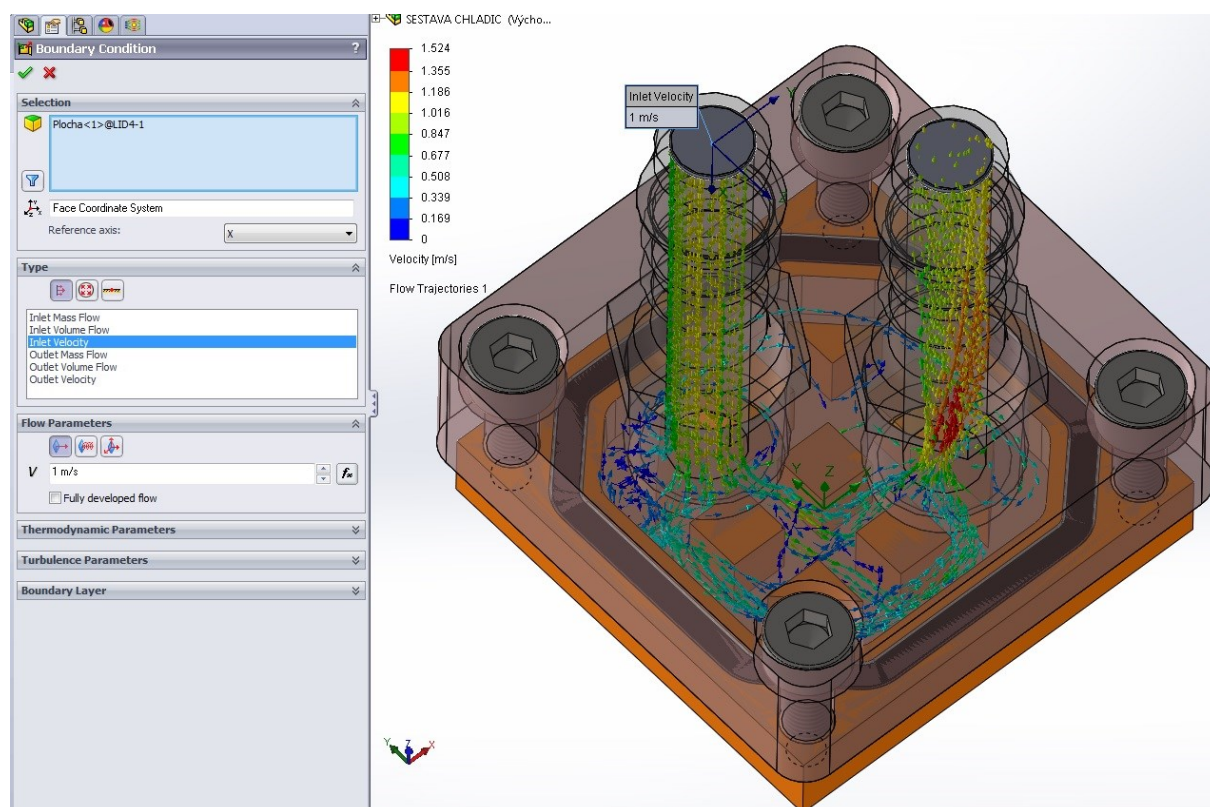
Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

12. Výpočtová část

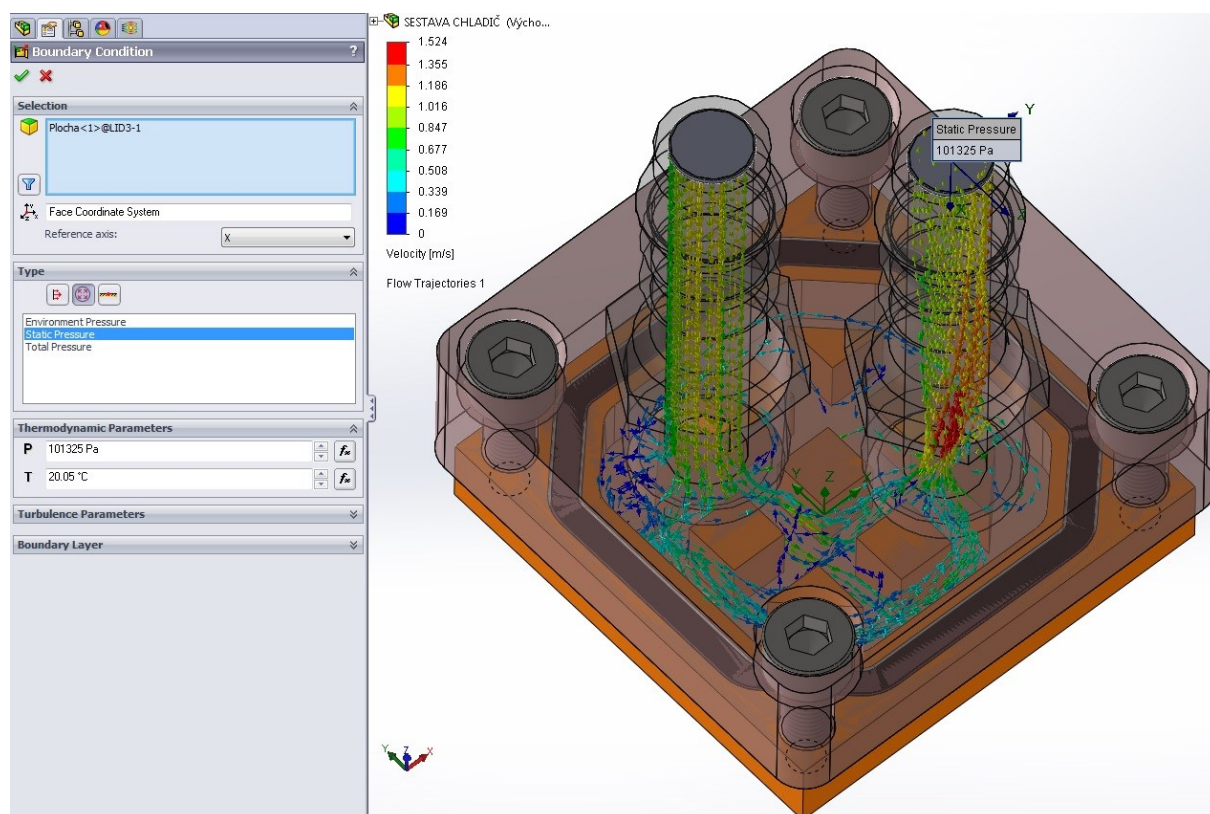
Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

13. Výpočet tepelné bilance chladicího zařízení

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.



Obr. č. 7 Simulace proudění kapaliny vstup vody do chladiče



Obr. č. 8 Simulace proudění kapaliny výstup vody z chladiče

14. Výpočet hydraulických tlakových ztrát v chladícím okruhu

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

15. Volba čerpadla

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

16. Čistá stavební struktura

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Závěr

Úkolem mé bakalářské práce bylo navrhnout zařízení pro potřebu uplatnění léčebné hypotermie v obličejové oblasti.

Svým návrhem doplňuji doposud používané způsoby chlazení ledem a vodou modernější metodou s využitím tzv. Peltierova modulu, který předává chlad do kontaktního prvku z tepelně vodivého materiálu.

Po seznámení a prostudování dostupných materiálů se zaměřením na danou problematiku se nabízelo několik variant a možností jakým způsobem chladicí zařízení navrhovat. Hlavní problém nastával v přizpůsobení zařízení pro většinu pacientů, jelikož tvorba a velikost otoků je různorodá. Po konzultaci s lékaři jsem dospěl k názoru, že jako výhodné se jeví spíše lokální bodové chlazení, na určitou postiženou oblast. To mě navedlo k možnosti využití hybridního konektoru, kterým se minimalizovala celková velikost chladicího zařízení a umožnila jeho kompatibilitu s různými druhy chladících hlavic podle velikosti chlazení postiženého místa. Tím se stalo zařízení i mobilnější a jednoduché pro obsluhu a aplikaci.

S navrženým zařízením je předpoklad, že průběh léčení bude účinnější a rychlejší. Na rozdíl od klasických způsobů je možno poměrně rychle řídit teplotu chlazení, z čehož vyplývá zkrácena doba léčení a ekonomický přínos.

Poděkování

Mé poděkování patří Ing. Zdeňkovi Nogovi, CSc. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval.

Seznam použité literatury

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Seznam obrázků

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Seznam tabulek

Tab. 1 Energetický výdej – klasifikace dle činnosti (7)	19
Tab. 2 Specifikace požadavků	Chyba! Záložka není definována.
Tab. 3 Ztráty třením v chladícím okruhu	Chyba! Záložka není definována.
Tab. 4 Místní ztráty v chladícím okruhu.....	Chyba! Záložka není definována.

Seznam příloh

Název přílohy:

Počet listů - Formát listu přílohy:

Příloha A:	Data nezbytná pro návrh.	1 - A4
Příloha B:	Technické parametry Peltierova modulu.	1 - A4
Příloha C:	Technické parametry chladiče.	1 - A4
Příloha D:	Technické parametry čerpadla.	3 - A4
Příloha E:	Technické parametry Hybridního konektoru	2 – A4
Příloha F:	Stanovení místní hydraulické ztráty v kontrolovaném chladiči pomocí modulu Solidworks Flow simulation.	11- A4
Příloha G:	Teplotní analýza vodivých opěrných prvků pomocí teplotní analýzy v programu SolidWorks.	7 - A4

Výkresová dokumentace:

<i>Název:</i>	<i>Číslo dokumentu:</i>	<i>Formát listu:</i>
ČELNÍ KRYT	PAU0021-BP-01	A2
KRYT	PAU0021-BP-02	A2
MĚDĚNÝ PLECH	PAU0021-BP-03	A4
TVAROVÁ VLOŽKA	PAU0021-BP-04	A4
BLOK CHLADIČE	PAU0021-BP-05	A4
HYBRIDNÍ KONEKTOR	PAU0021-BP-06	A2
CHLADÍCÍ ZAŘÍZENÍ B. P.	PAU0021-BP	A2
KRYT	PAU0021-BP-01-2	A1
HLINÍKOVÝ VODIVÝ OPĚRNÝ PRVEK	PAU0021-BP-02-2	A4
TVAROVÁ VLOŽKA	PAU0021-BP-03-2	A4
CHLADÍCÍ ZAŘÍZENÍ PLOŠNÉ. P.	PAU0021-BP-2	A2

Obsah příloh a výkresové dokumentace je předmětem řízení o ochraně průmyslového vlastnictví a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

Příloha A: Data nezbytná pro návrh.

Tab. 1 Technické parametry mědi

Měď	jednotka	značka	hodnota
Měrná tepelná kapacita (13)	$[\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	c_{Cu}	380
Objemová hmotnost (13)	$[\text{kg.m}^{-3}]$	ρ_{Cu}	8800
Součinitel tepelné vodivosti (13)	$[\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	λ_{Cu}	372

Tab. 2 Technické parametry hliníku

Hliník	jednotka	značka	hodnota
Měrná tepelná kapacita (13)	$[\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	c_{Al}	870
Objemová hmotnost při 20°C (13)	$[\text{kg.m}^{-3}]$	ρ_{Al}	2705
Součinitel tepelné vodivosti při 20°C (13)	$[\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	λ_{Al}	204

Tab. 3 Technické parametry tvarové vložky

Tvarová vložka	jednotka	značka	hodnota
Měrná tepelná kapacita	$[\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	c_{Tv}	920
Objemová hmotnost	$[\text{kg.m}^{-3}]$	ρ_{Tv}	1120
Součinitel tepelné vodivosti	$[\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	λ_{Tv}	1,2

Tab. 4 Technické parametry vody

Voda	jednotka	značka	hodnota
Měrná tepelná kapacita (13)	$[\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	$c_{\text{H}_2\text{O}}$	4180
Objemová hmotnost při 20°C (13)	$[\text{kg.m}^{-3}]$	$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$	1000
Součinitel tepelné vodivosti při 20°C (13)	$[\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	$\lambda_{\text{H}_2\text{O}}$	0,599

Příloha B: Technické parametry Peltierova modulu.

Příloha C: Technické parametry chladiče.

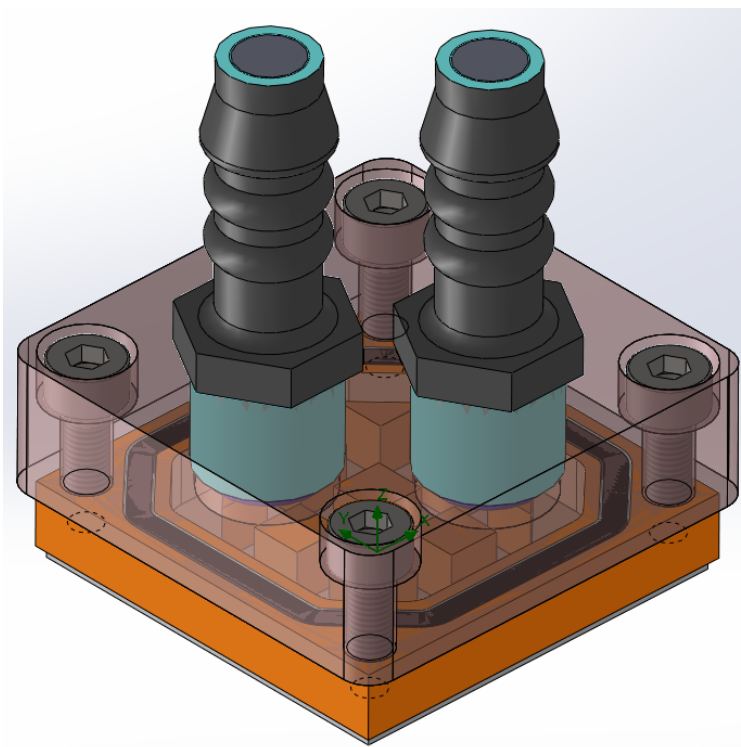
Příloha D: Technické parametry čerpadla.

Příloha E: Technické parametry Hybridního konektoru

Příloha F: Stanovení místní hydraulické ztráty v kontrolovaném chladiči pomocí Solidworks Flow simulation.

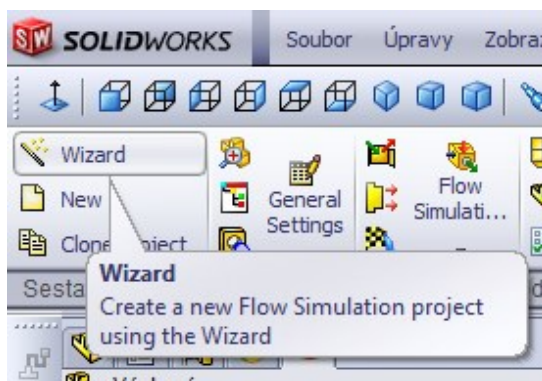
SIMULACE MÍSTNÍ HYDRAULICKÉ ZTRÁTY V CHLADIČI

Místní hydraulické ztráty vyvolané geometrickými parametry chladiče, který je nainstalován v chladicím okruhu navrhovaného chladicího zařízení.

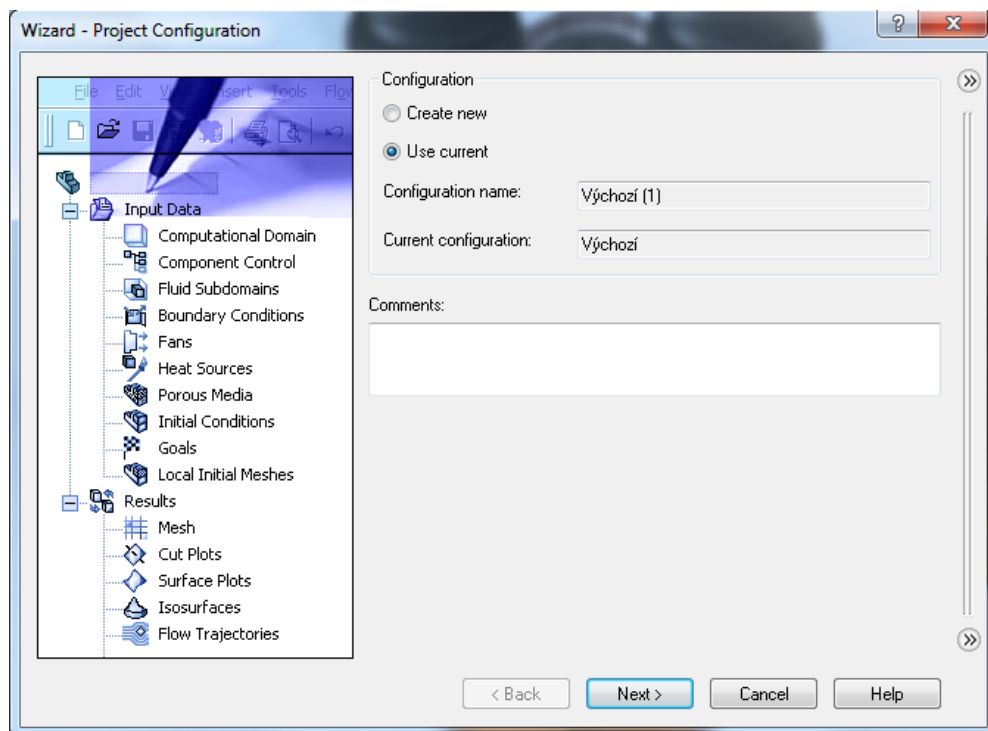


Vytvoření projektu Flow Simulation

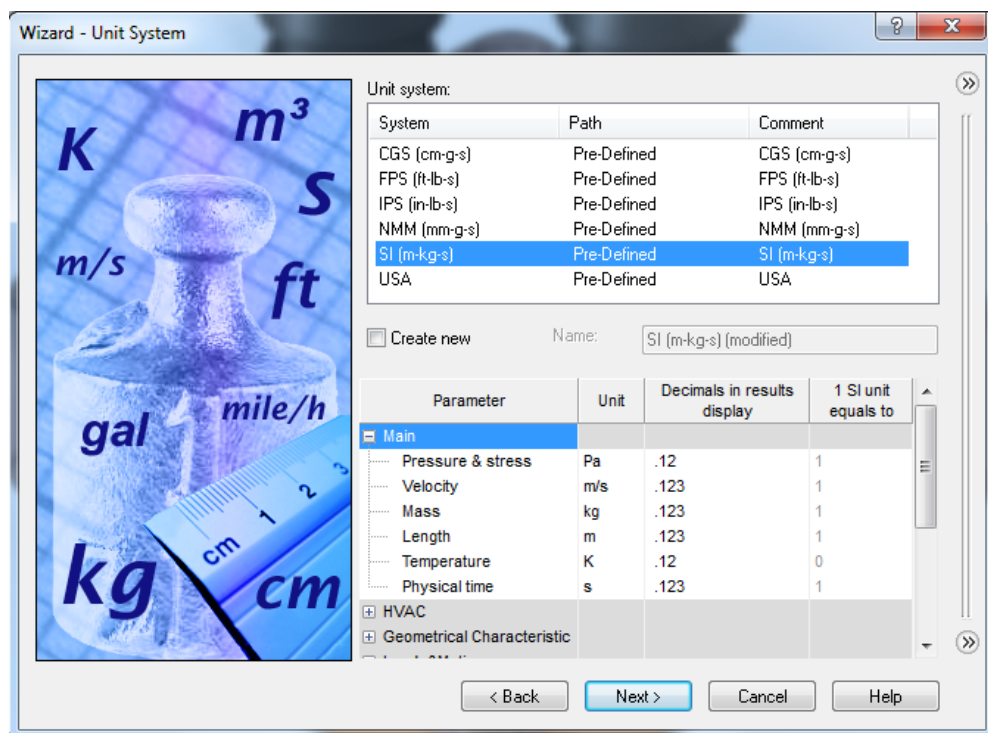
1. Klepneme na tlačítko Flow Simulation, projekt, průvodce (wizard). Průvodce projektu nás provede přes definice nového projektu Flow Simulation.



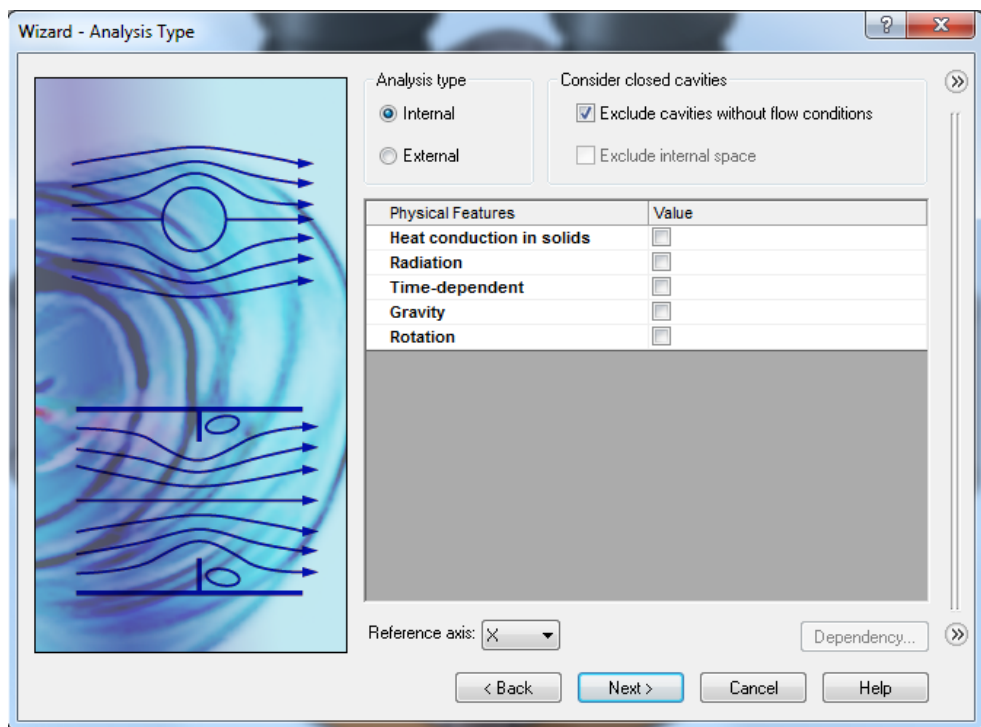
2. V dialogovém okně Konfigurace projektu, klepneme na tlačítko použít aktuální. Klepneme na tlačítko Další.



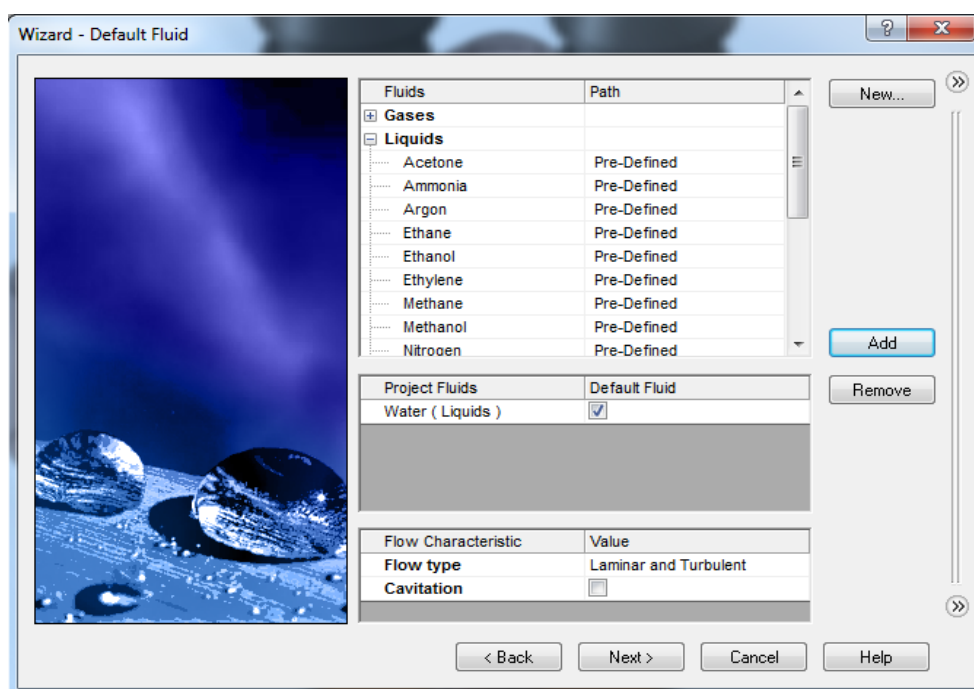
3. V dialogovém okně Unit systém můžeme vybrat požadovanou soustavu jednotek pro vstupní a výstupní výsledky. Pro tento projekt použijeme International System SI ve výchozím nastavení. Klepneme na tlačítko Další.



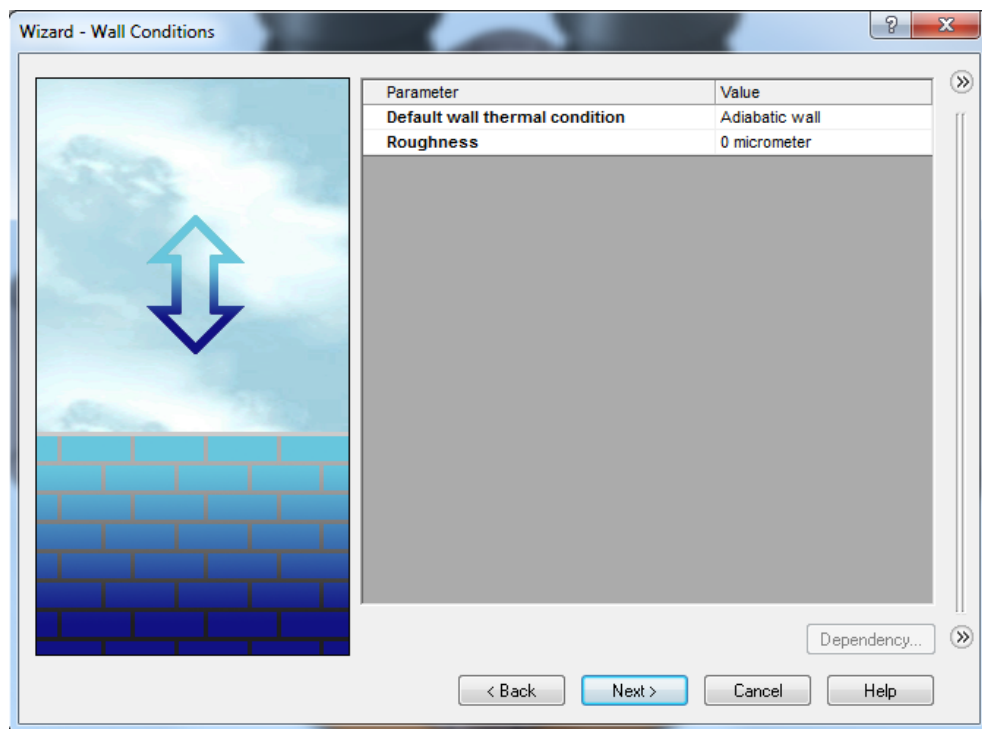
4. V dialogovém okně Analysis Type můžeme zvolit buď interní, nebo externí typ analýzy proudění. Uvedeme Interní typ a přijmeme další výchozí nastavení. Klepneme na tlačítko Další.



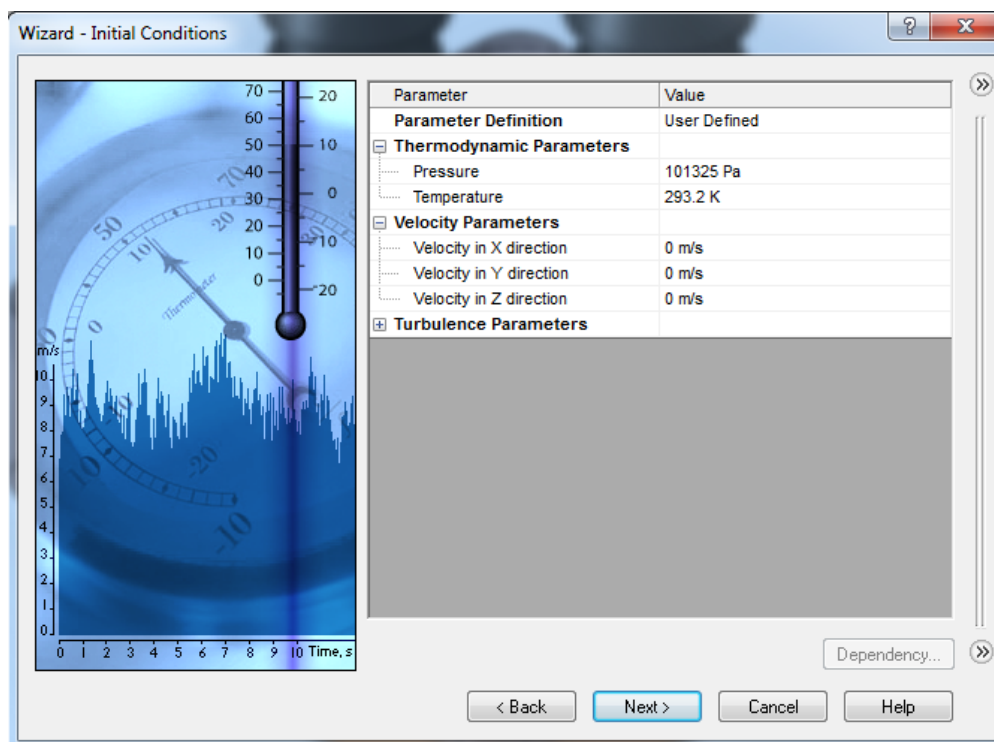
5. Vzhledem k tomu, že používáme vodu v tomto projektu, otevřeme složku tekutiny a poklepeme na položku Water, s kterou se nám nastaví všechny fyzikální vlastnosti vody. Klepneme na tlačítko Další.



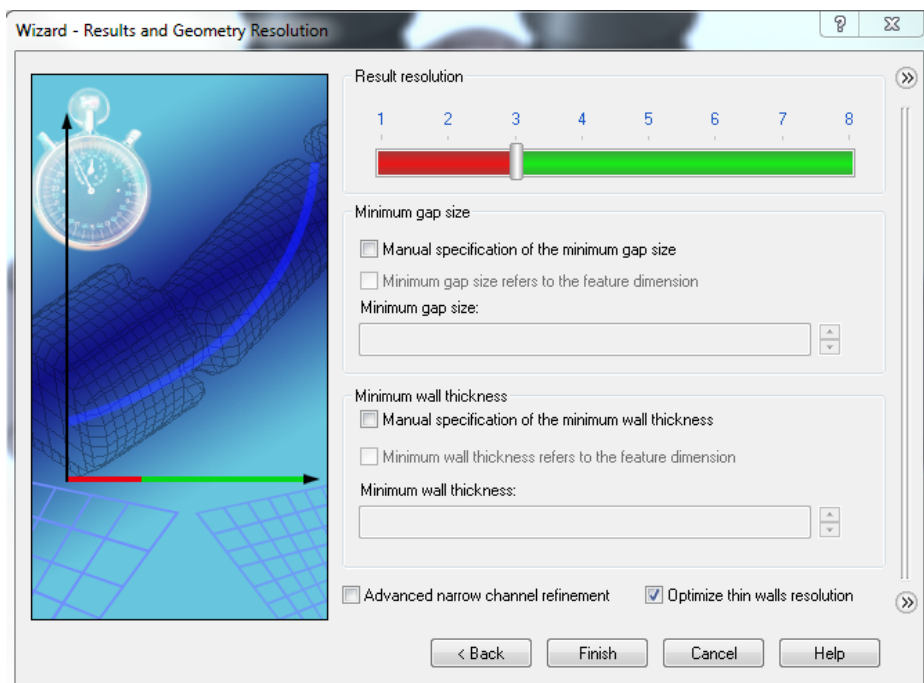
6. Vzhledem k tomu, že nemáme v úmyslu počítat vedení tepla v pevných látkách, (ve stěně modelu), přijmeme pro tento projekt výchozí nastavení. Adiabatická funkce stěny označující, že všechny modelové stěny jsou tepelně izolované. Klepneme na tlačítko Další.



7. V dialogovém okně výchozích podmínek specifikujeme počáteční hodnoty parametrů proudění. Klepneme na tlačítko Další.

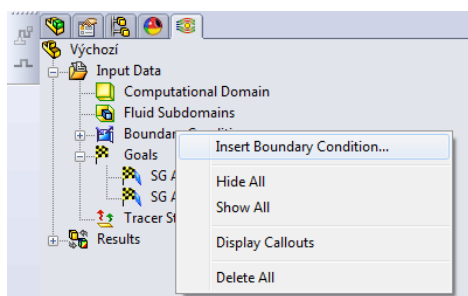


8. V dialogovém okně Results and Geometry Resolution, můžeme ovládat přesnost analýzy. Pro vysoké přesnosti se navyšují nároky na počítač (čas, procesor a paměť). Pro tento projekt přijmeme výchozí nastavení, úroveň rozlišení 3.

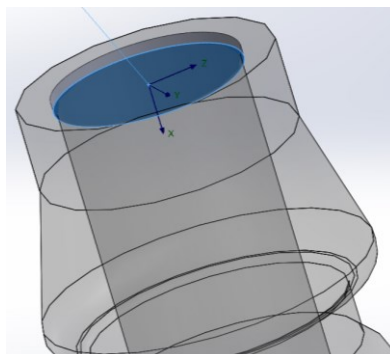



Dalším krokem je zadání okrajových podmínek.

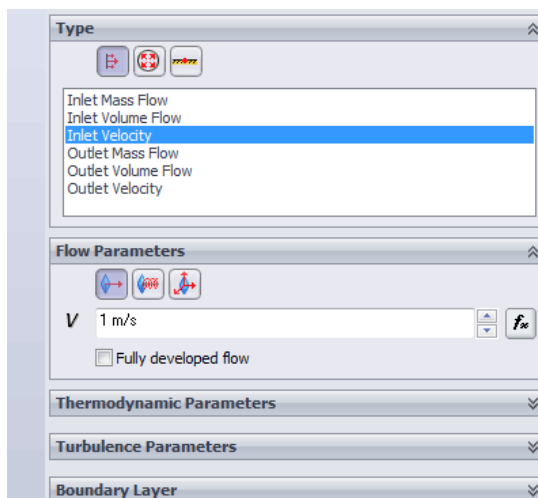
1. Ve stromu Flow Simulation, klikneme pravým tlačítkem myši na Boundary Conditions a vložíme novou podmínku.



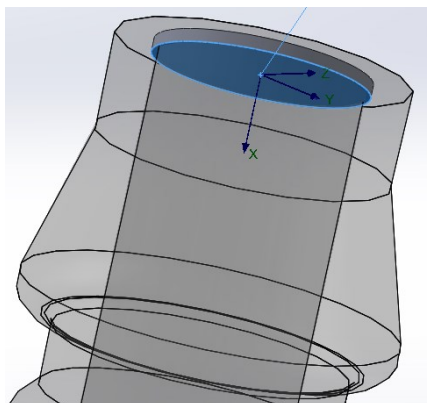
2. Vybereme vstupní víko, vnitřní plochu.




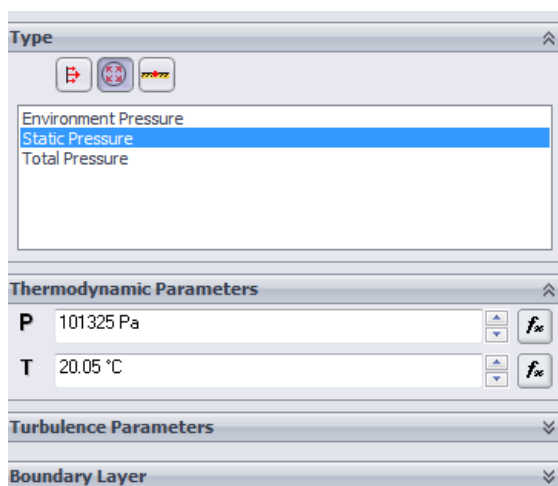
3. V seznamu typů okrajových podmínek, vybereme Inlet Velocity (vstupní rychlost vody) a zadáme 1 m/s. Přijmeme nastavení tlačítkem :OK .



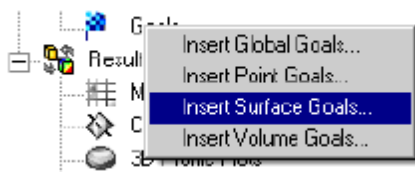
4. Vybereme výstupní víko, vnitřní plochu.




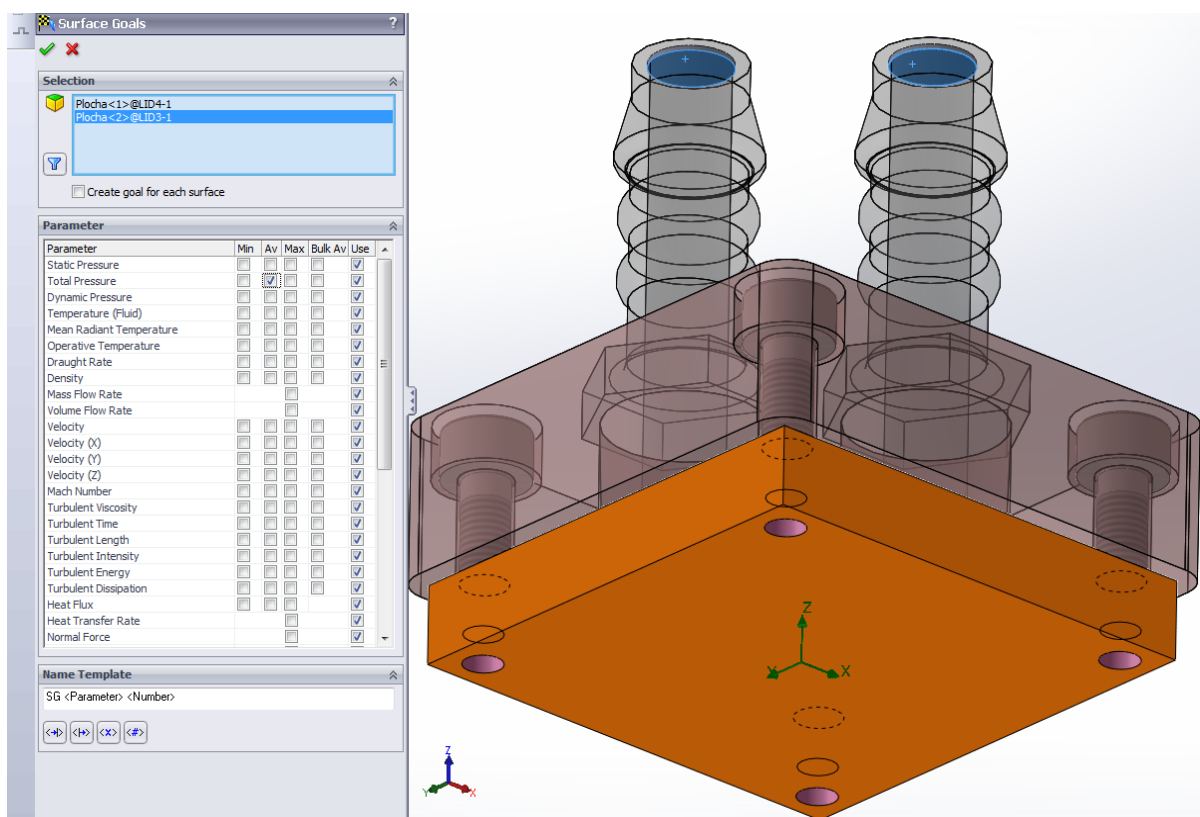
5. Klepneme na tlačítko Pressure Openings a ve Druhém seznamu vybereme položku statická tlak 101325 Pa, teplota 20,05 °C. Přijmeme nastavení tlačítkem :OK .



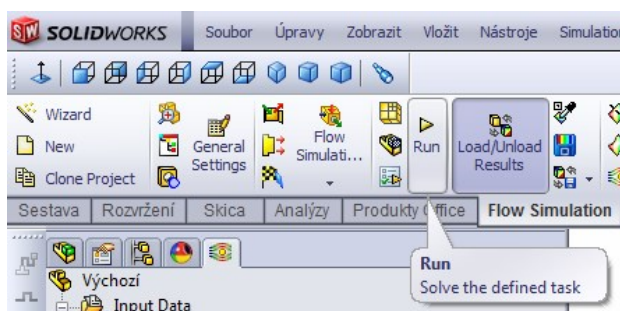
6. Ve stromu Flow Simulation, klepneme pravým tlačítkem myši na Goals a vybereme Insert Surface Goals (Vložit Povrchové cíle). Které nám kontrolují měřené parametry v našem případě tlak.



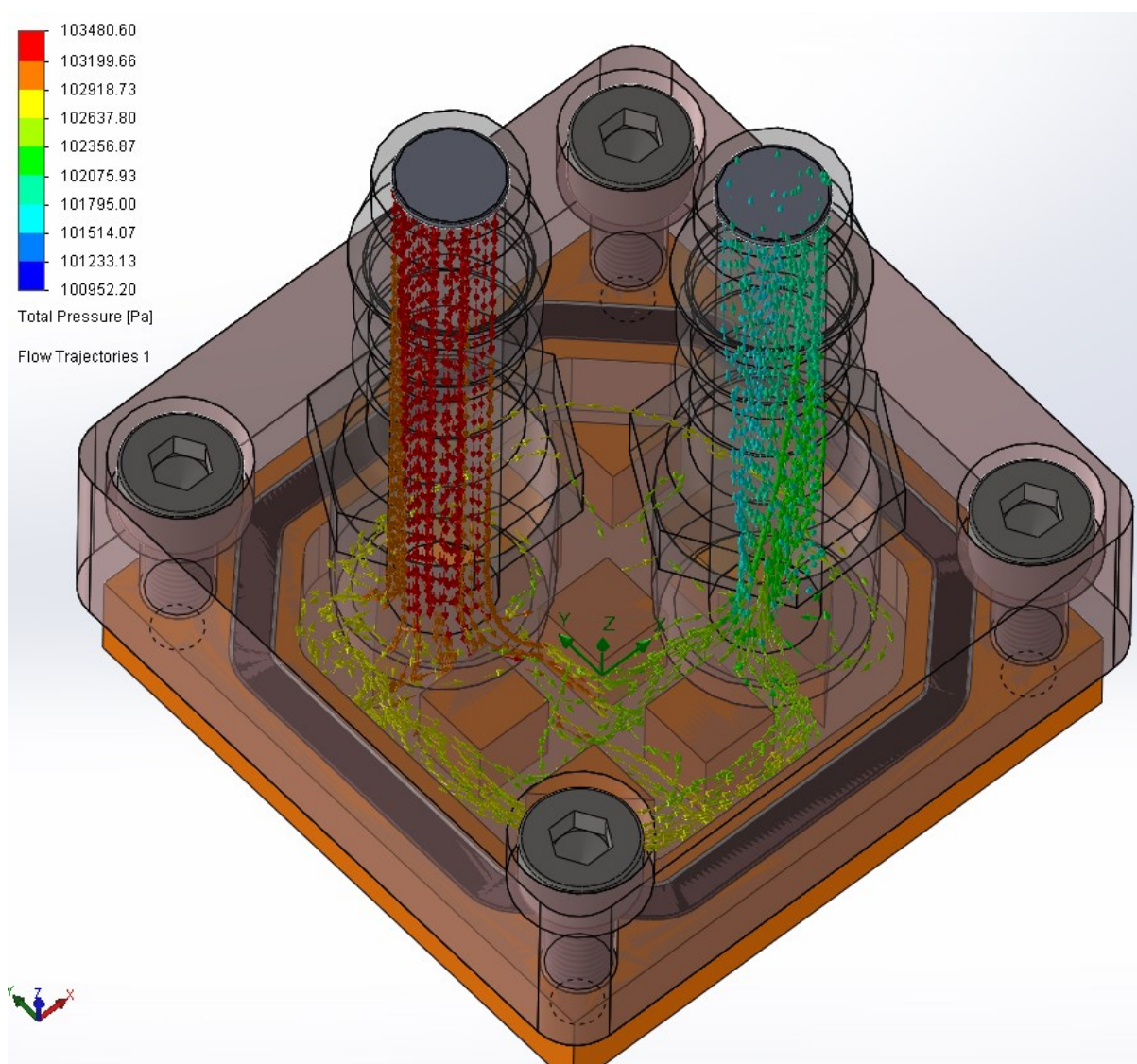
7. Vybereme plochy, na kterých chceme kontrolu provést a v seznamu požadavku zaškrtnutím políčka zvolíme, co chceme kontrolovat. V našem případě se jedná o Total Pressure Av. Přijmeme nastavení tlačítkem OK .



8. Klikneme na Flow Simulation Solve, Run a simulaci dáme vyřešit.

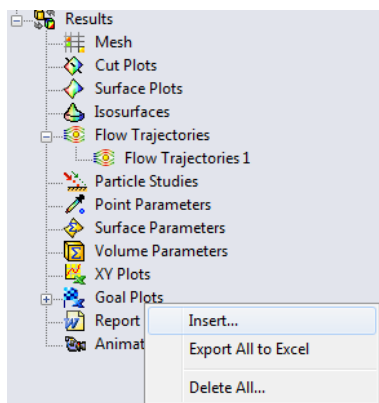


9. Výsledek řešení

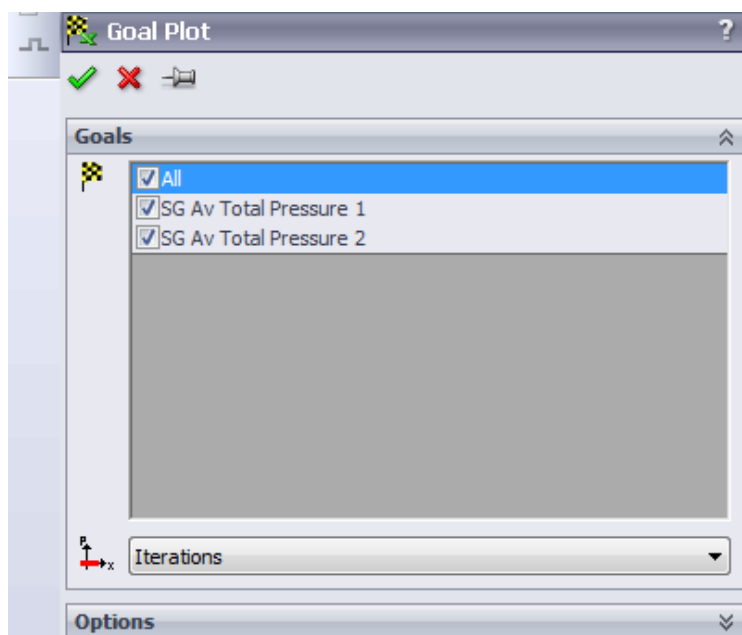


Vypsání výsledku do aplikace Microsoft Excel a vypočtení místní ztráty x pomocí SolidWorks Calculator.

1. Ve stromu Flow Simulation, na základě výsledků, klepneme pravým tlačítkem myši na ikonu Goal Plots a zvolíme Insert.



1. Zobrazí se dialogové okno Plot Goal zvolíme All a přijmeme nastavení tlačítkem OK .



2. Kontrolované hodnoty se nám vypíší do přehledné tabulky v Excelu.

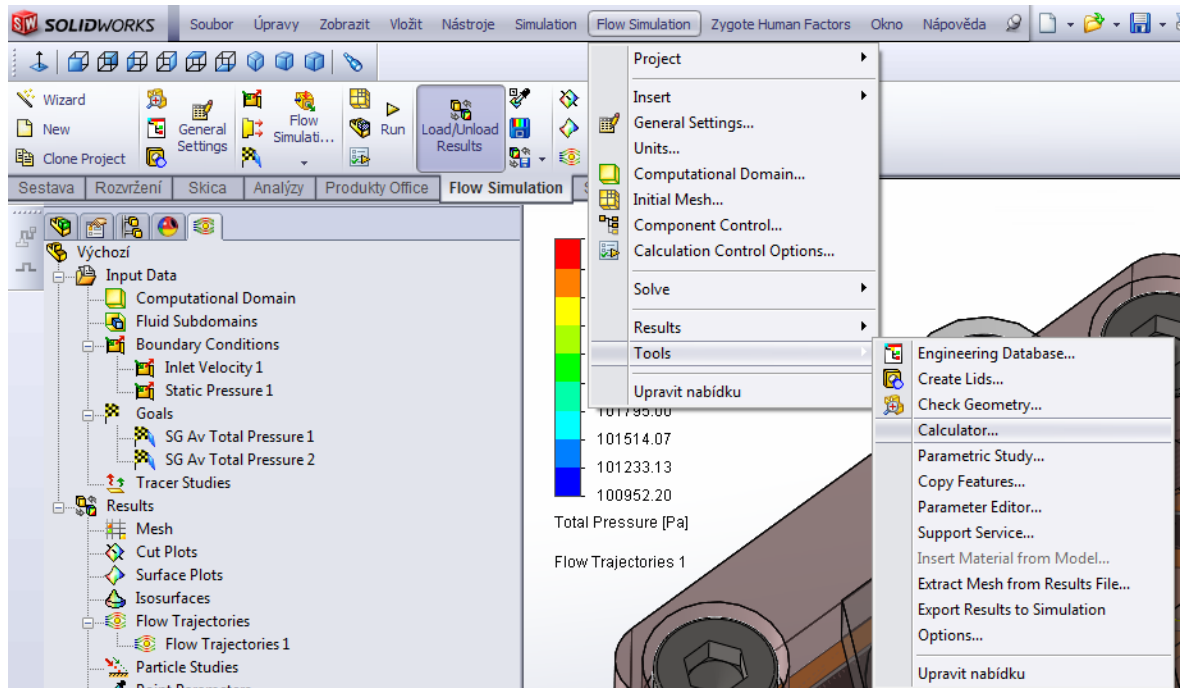
SESTAVA CHLADIČ.SLDASM [MÍSTNÍ ZTRÁTY]

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Av Total Pressure 1	[Pa]	103334,6915	103333,3543	103330,6112	103337,032	100	Yes	6,420800208	16,64175732
SG Av Total Pressure 2	[Pa]	101831,6585	101831,8252	101831,6574	101832,3995	100	Yes	0,74206977	0,757643584

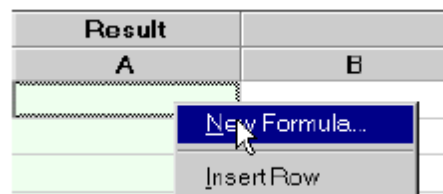
Iterations: 156

Analysis interval: 31

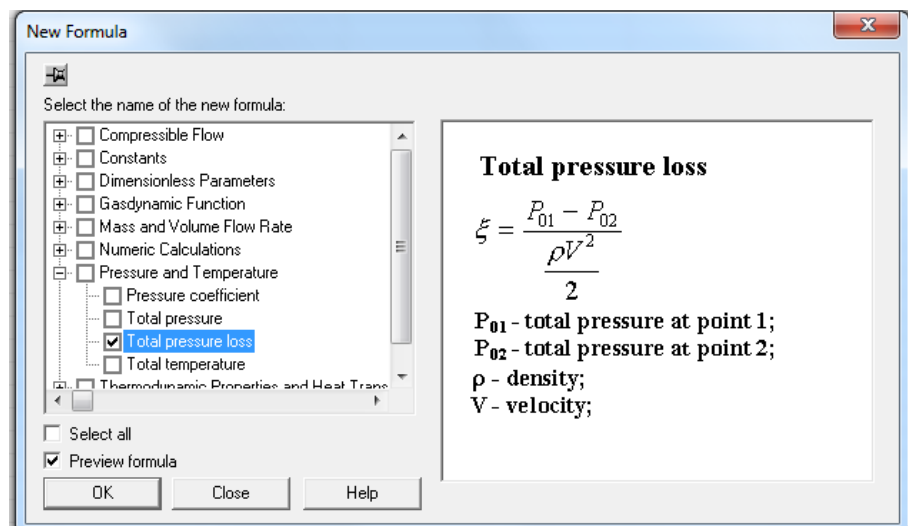
3. Klikneme na Flow Simulation, Tools, Calculator



4. Klepněte pravým tlačítkem myši na buňku A1 v listu kalkulačky vybereme nový vzorec.



5. V poli vybereme název nového vzorce a zvolené políčko zaškrtneme, na pravé straně dialogového okna se vypíše i samotný vzorec. V našem případě celková tlaková ztráta. Přijmeme nastavení tlačítkem OK.



6. Zadáme hodnoty do buněk takto: Density = 1000 kg/m³ (hustota vody při specifikované teplotě 20,05°C), Velocity = 1 m/s. (rychlost proudění vody)

	Name	Result				
		A	B	C	D	E
1	Total pressure loss	Total pressure loss	Total pressure at point 1	Total pressure at point 2	Density	Velocity
2					1000 kg/m³	1 m/s
3						
4						

7. Otevřeme si vytvořenou tabulku v Excelu a zkopírujeme hodnotu SG Av Total Pressure 1 do buňky B2 a SG Av Total Pressure 2 do buňky C2.

	Name	Result				
		A	B	C	D	E
1	Total pressure loss	Total pressure loss	Total pressure at point 1	Total pressure at point 2	Density	Velocity
2			103334.692 Pa	101831.659 Pa	1000 kg/m³	1 m/s
3						

8. Libovolným kliknutím do kterékoliv buňky se vypíše výsledek do buňky A2.

	Name	Result				
		A	B	C	D	E
1	Total pressure loss	Total pressure loss	Total pressure at point 1	Total pressure at point 2	Density	Velocity
2		3.006065	103334.692 Pa	101831.659 Pa	1000 kg/m³	1 m/s
3						

$$\xi = \frac{P_{01} - P_{02}}{\rho V^2}$$

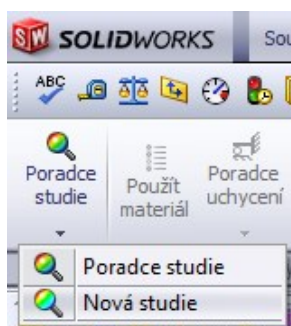
Výsledkem jsme zjistili součinitel místní ztráty v chladiči $\xi = 3$.


Příloha G: Teplotní analýza vodivých opěrných prvků pomocí teplotní analýzy v programu SolidWorks.

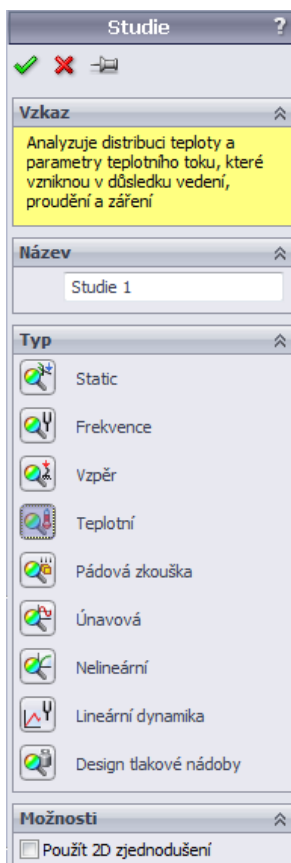
SIMULACE PROCHLAZENÍ VODIVÝCH OPĚRNÝCH PRVKŮ ZA JEDNOTKU ČASU

Vytvoření projektu teplotní analýzy

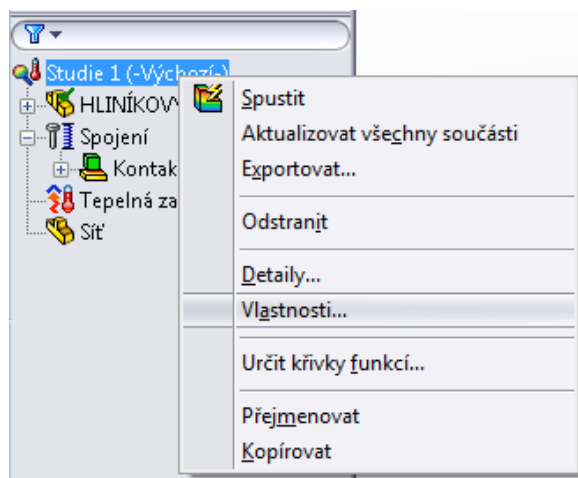
1. V modulu Simulace klepneme na tlačítko Poradce studií nová studie.



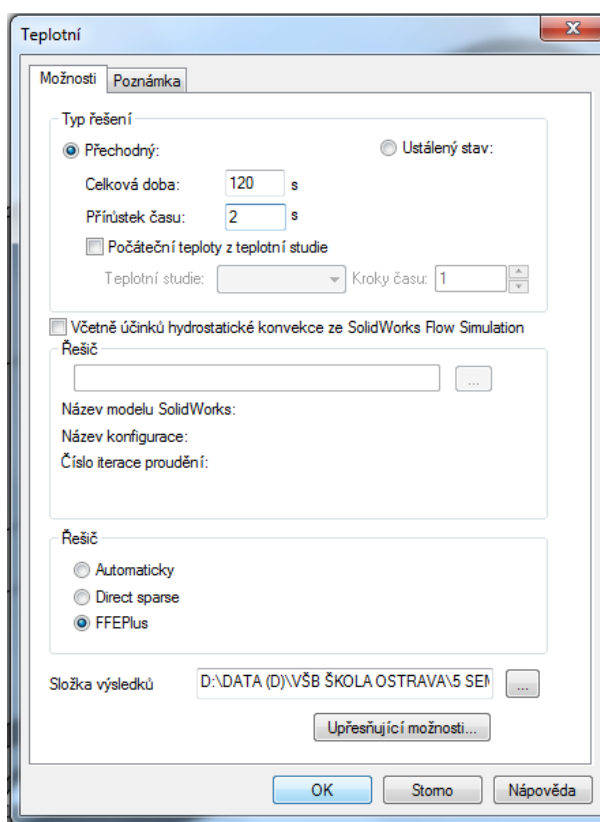
2. V dialogovém okně Studie si vybereme, kterou studii chceme provádět, v našem případě teplotní. Přijmeme nastavení tlačítkem **OK** .



3. Ve stromu Teplotní studie klikneme pravým tlačítkem myši na vytvořenou studii a klikneme na políčko vlastnosti.

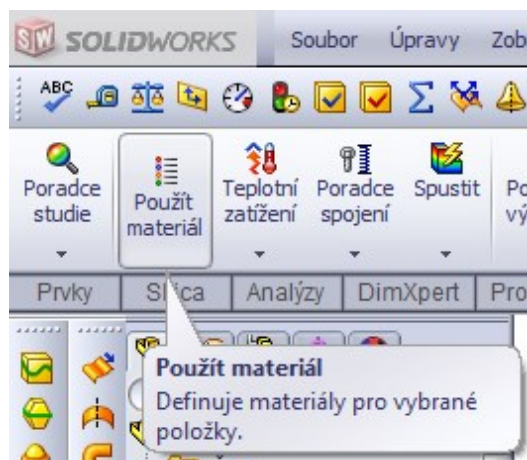


4. V dialogovém okně „Teplotní“ přepneme typ řešení na přechodný a nastavíme celkovou dobu a přírůstek času. V našem případě nastavíme celkovou dobu na 120s a přírůstek času po 2s. Přijmeme nastavení tlačítkem OK.

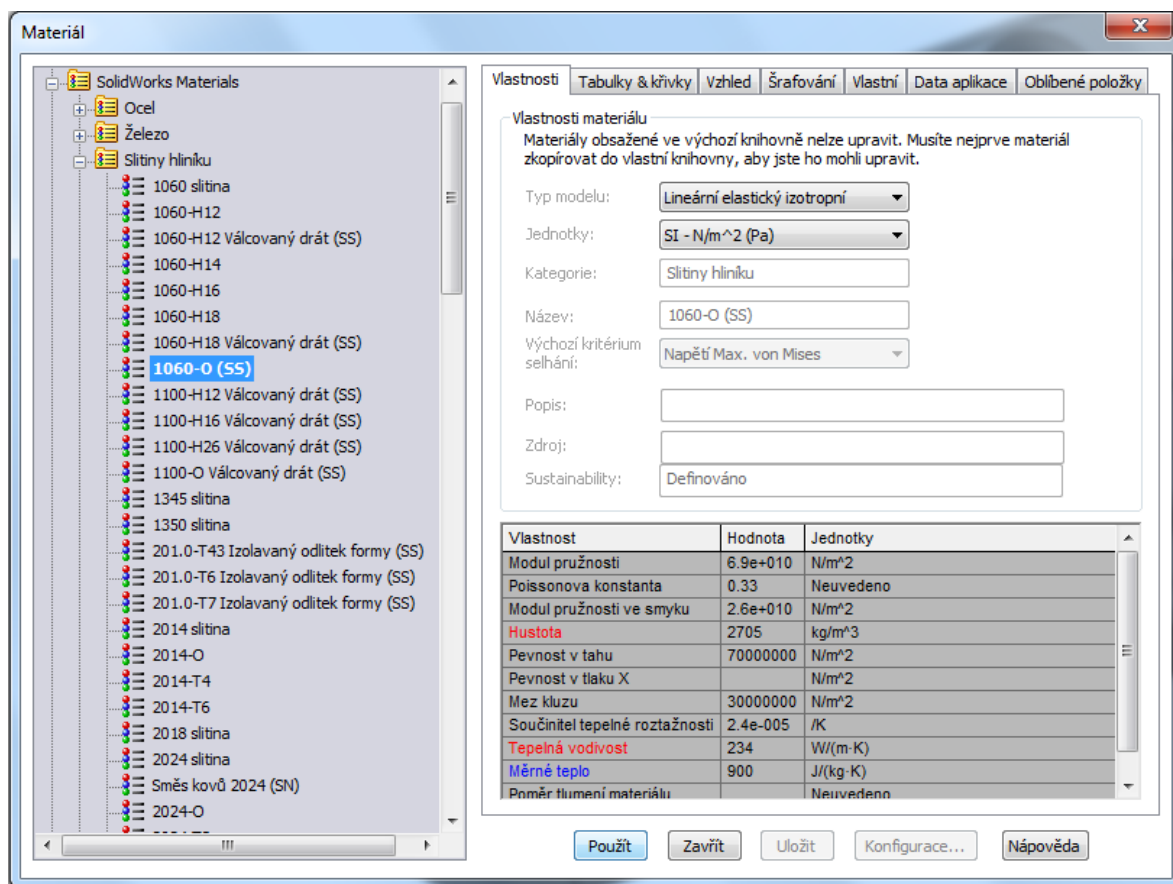


Dalším krokem je zadání okrajových podmínek.

1. Přiřazení materiálu dílu. V našem případě se jedná o hliníkový díl.



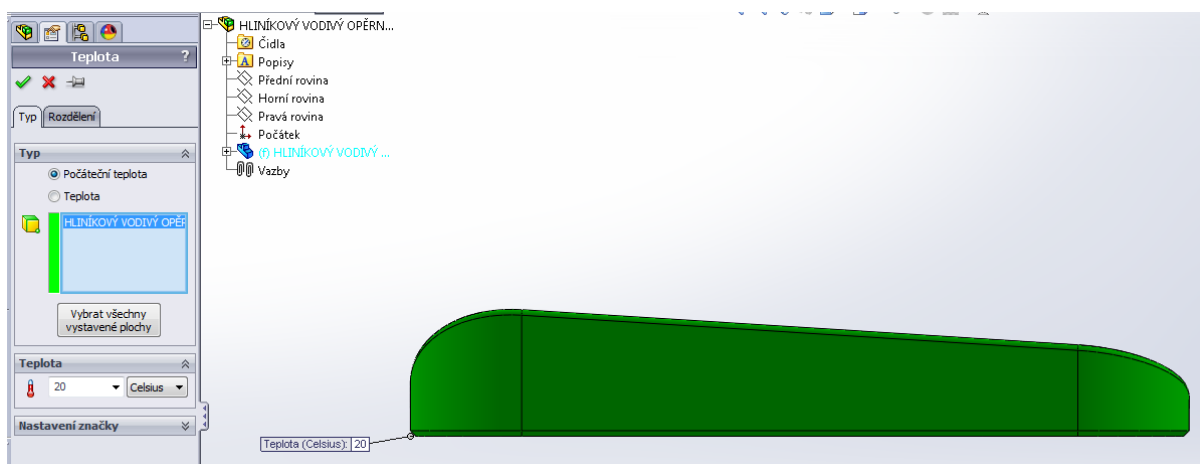
2. V dialogovém okně Materiál vybereme druh materiálu a přijmeme nastavení tlačítkem Použít, Zavřít.



3. V seznamu typů okrajových podmínek, vybereme Teplotní zatížení a klikneme na tlačítko Teplota.




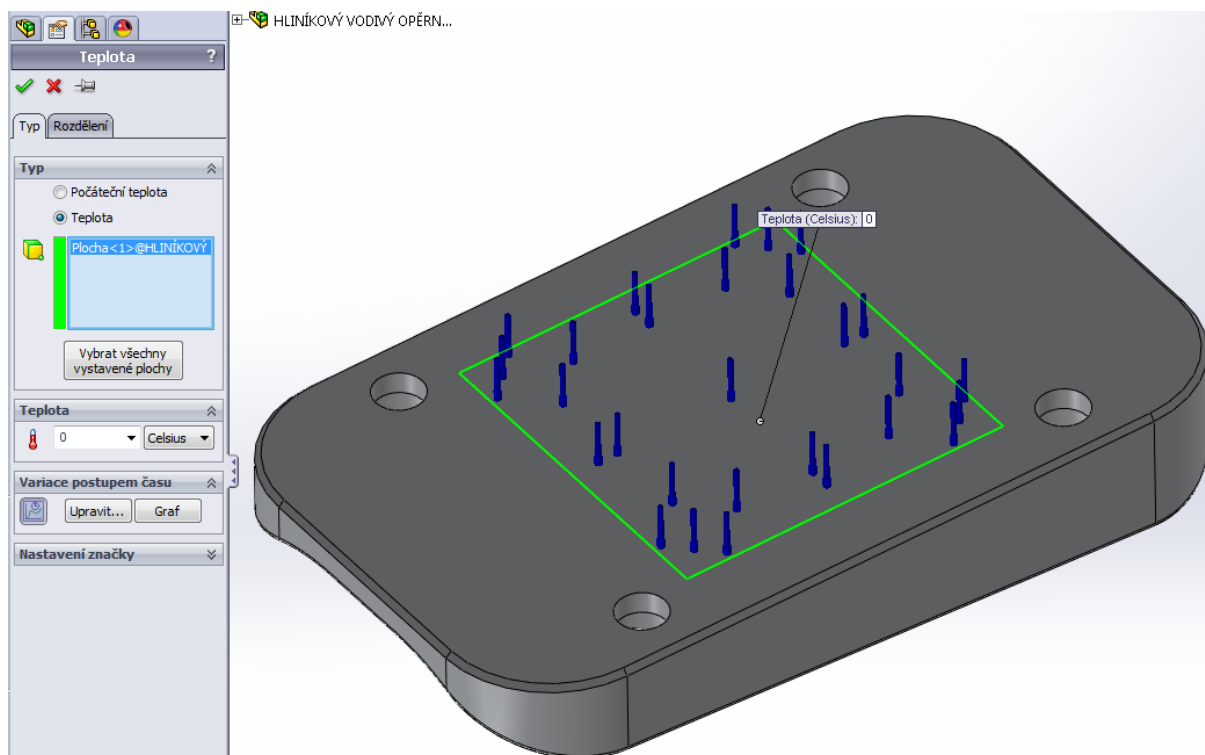
4. V dialogovém okně Teplota nastavíme počáteční teplotu a klikneme ve stromu sestavy na kontrolovaný díl v našem případě HLINÍKOVÝ VODIVÝ OPĚRNÝ PRVEK a počáteční teplota 20°C. Přijmeme nastavení tlačítkem OK.



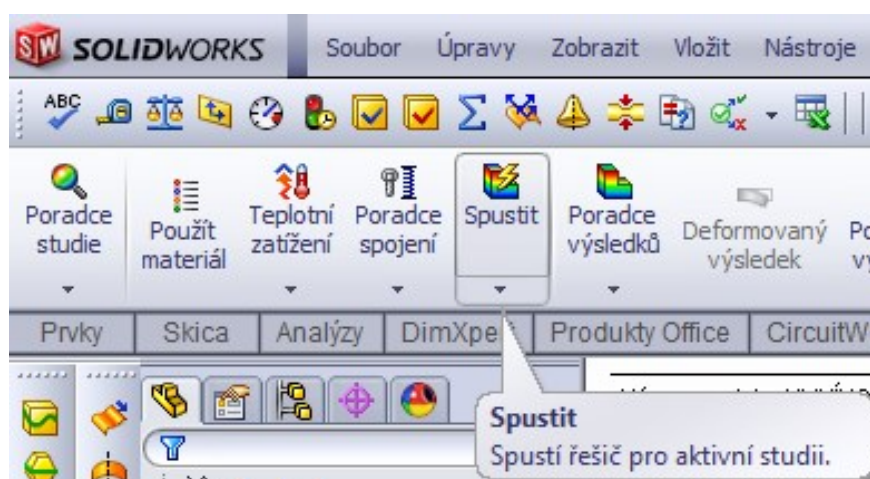
5. V seznamu typů okrajových podmínek, vybereme opět Teplotní zatížení a klikneme na tlačítko Teplota.



6. V dialogovém okně Teplota, nastavíme teplotu v našem případě 0°C , kterou udržujeme na Peltierově modulu. Vybereme plochu na předpřipraveném modelu, která nám představuje Peltierův modul. Přijmeme nastavení tlačítkem **OK** .

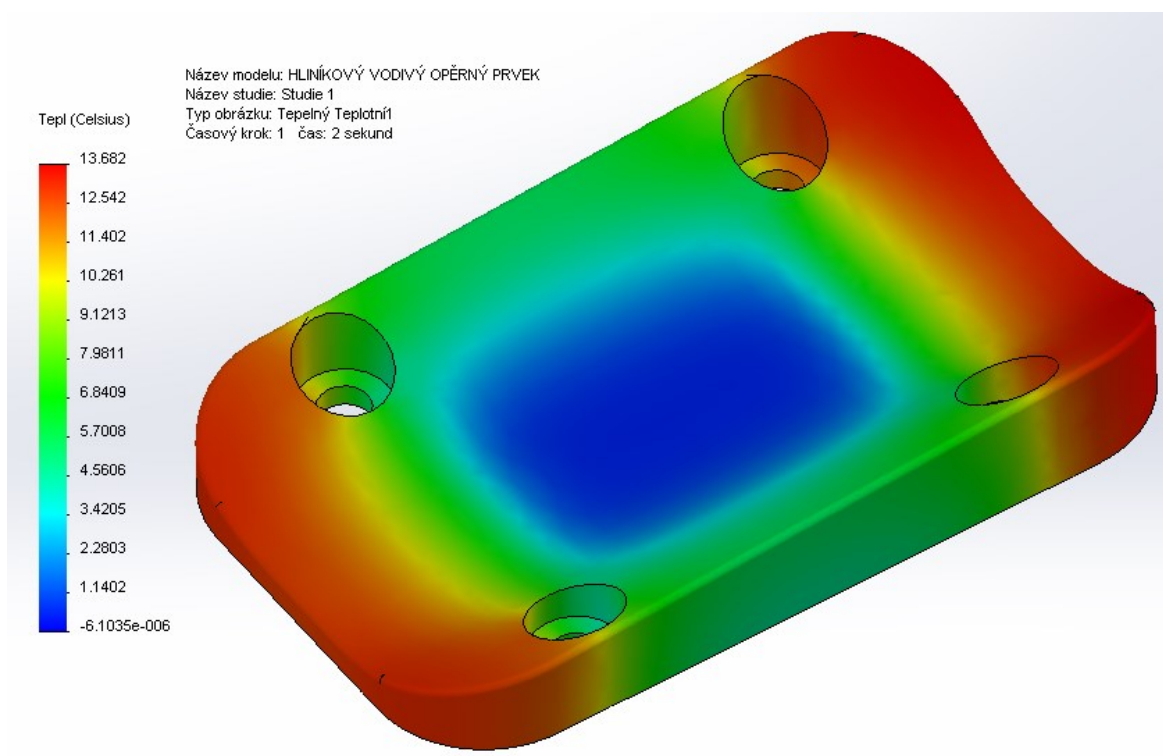


7. Všechny potřebné okrajové podmínky jsou nastaveny. Klikneme na tlačítko Spustit.

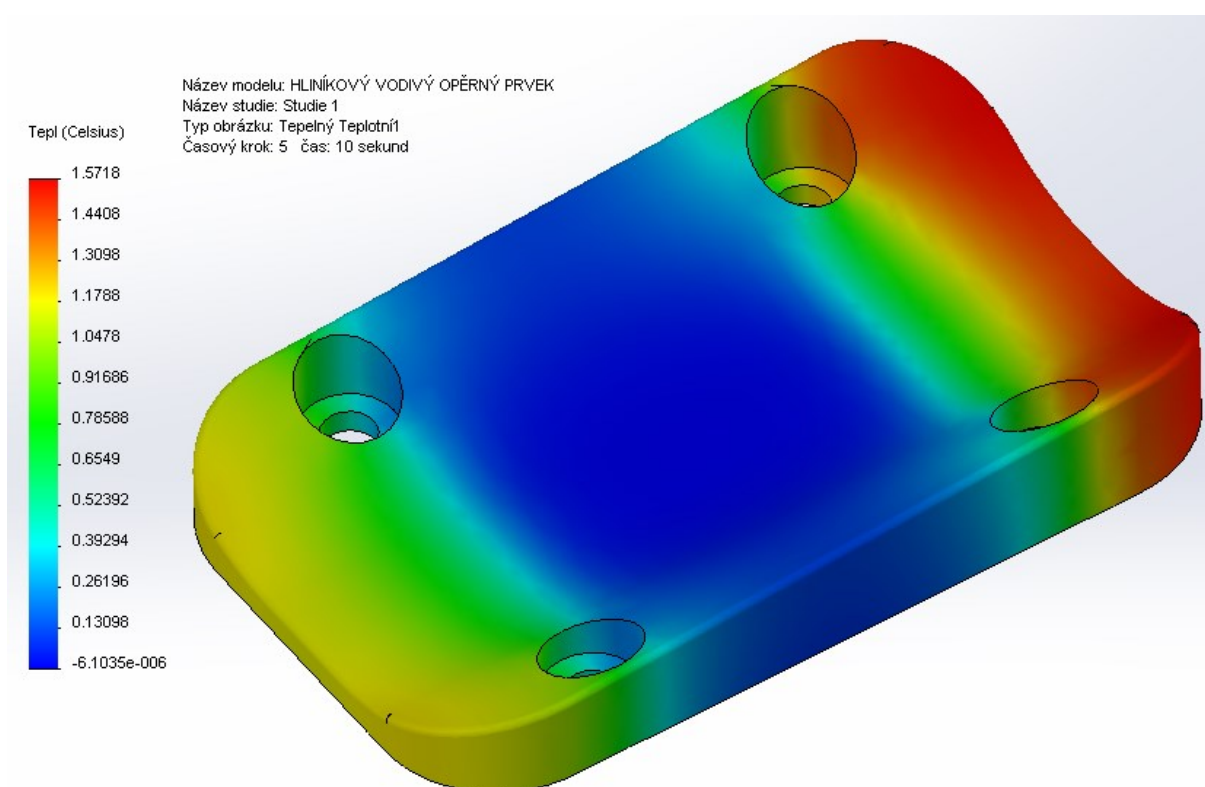


8. Výsledek řešení

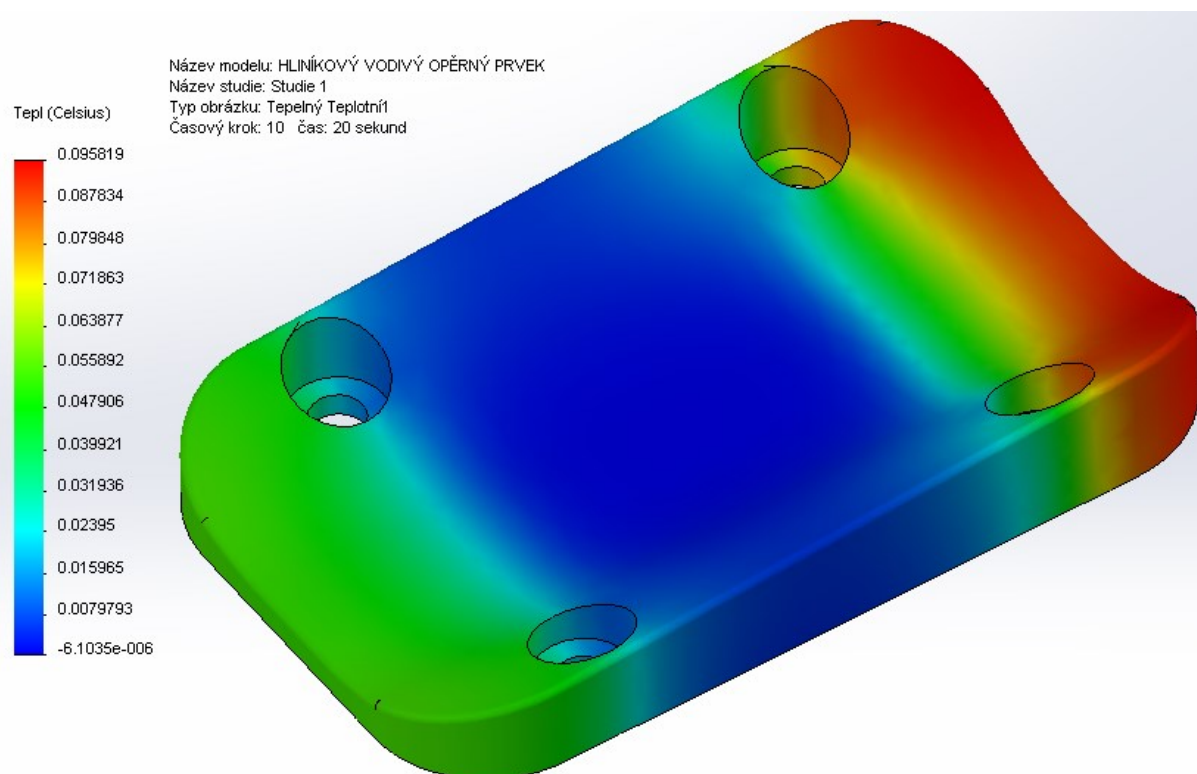
V čase 2s:



V čase 10s:



V čase 20s:



V čase 40s:

